

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-152269

(43)Date of publication of application : 30.05.2000

(51)Int.Cl.

H04N 9/64

G01J 3/46

H04N 1/60

H04N 1/48

H04N 9/73

(21)Application number : 10-323137

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 13.11.1998

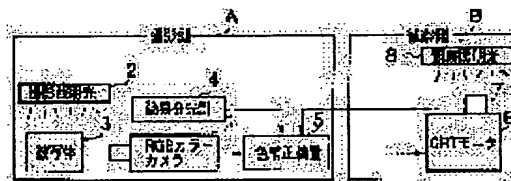
(72)Inventor : OSAWA TATEO

(54) COLOR REPRODUCTION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a color reproduction system where lighting is converted so that spectrum measurement of an observed illumination light is replaced with a simpler 3-stimulus value measurement and color reproduction of an object under an illumination light spectrum suitable for color reproduction is attained.

SOLUTION: The system is provided with an RGB color camera 1 that photographs an object under a photographing illumination light, a simple spectrometer 4 that measures a photographing illumination light spectrum, and a color correction device 5 that calculates 3-stimulus value data of an object and uses monitor profile data and converts the data into an input signal to a CRT monitor. Furthermore, an observer side B is provided with a CRT monitor 6 and a lighting light color measurement device 7 that measures 3-stimulus values of an observation illumination light 8, and the color correction device reproduces a color by reproducing 3-stimulus values of an object under a virtual illumination light spectrum having 3-stimulus values equal to those of the observation illumination light without measuring a spectrum of the observation illumination light and without being affected by a change in a color perception characteristic of a person such as chromatic adaptation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-152269

(P2000-152269A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 4 N 9/64		H 0 4 N 9/64	A 2 G 0 2 0
G 0 1 J 3/46		G 0 1 J 3/46	Z 5 C 0 6 6
H 0 4 N 1/60		H 0 4 N 9/73	B 5 C 0 7 7
1/48		1/40	D 5 C 0 7 9
9/73		1/46	A
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-323137

(22) 出願日 平成10年11月13日 (1998. 11. 13)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号

(72) 発明者 大澤 健郎

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外 4 名)

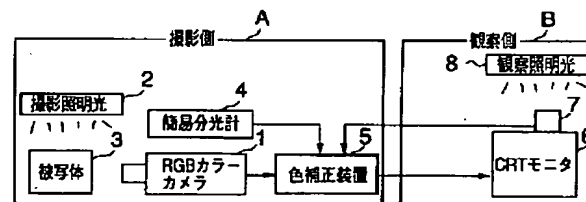
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色再現システム

(57) 【要約】

【課題】従来の色補正装置は撮影側と観察側の照明光スペクトルデータ、カメラの分光感度データ、被写体の分光反射率の統計的性質に関するデータ等を多々用いるため、高価な分光光度計が必要でシステムが簡便に構築できなかった。

【解決手段】本発明は、撮影照明光下で被写体を撮影する RGB カラーカメラと、撮影照明光スペクトルを測定する簡易分光計、被写体の三刺激値データを算出し、モニタプロファイルデータを用いて CRT モニタへの入力信号に変換する色補正装置 5 とが配置される。また、観察側 B には、CRT モニタと観察照明光の三刺激値を測定する照明光色測定装置とが配置され、観察照明光の三刺激値と等しい三刺激値を持つ仮想照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を再現することにより、観察照明光のスペクトルを測定することなく、色順応等の人の色知覚特性の変化に影響されずに色再現される色補正装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被写体を撮像するカラー画像入力手段と、

上記カラー画像入力手段により得られたカラー画像信号から三刺激値を算出する色推定手段と、上記色推定手段により得られた三刺激値の色に基づくカラー画像信号を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、

上記色推定手段は、観察照明光の三刺激値を測定する照明光測定手段と、上記照明光測定手段により得られた観察照明光の三刺激値と等しい三刺激値を与える仮想照明光スペクトルを算出する仮想照明光スペクトル算出手段と、上記カラー画像信号から仮想照明光スペクトル下での上記被写体の三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、を具備することを特徴とする色再現システム。

【請求項 2】 上記仮想照明光スペクトル算出手段は、規定照明光スペクトル基底関数の線形和によりスペクトルを算出することを特徴とする請求項 (1) に記載の色再現システム。

【請求項 3】 上記仮想照明光スペクトル算出手段は、カラー画像入力手段の分光感度と撮影照明光スペクトルの積が等色関数と仮想照明光スペクトルの積と線形変換となるスペクトルを算出することを特徴とする請求項 (1) に記載の色再現システム。

【請求項 4】 被写体を撮像するカラー画像入力手段と、上記カラー画像入力手段により得られたカラー画像信号から三刺激値を算出する色推定手段と、上記色推定手段により得られた三刺激値の色を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、

上記色推定手段は、観察照明光の三刺激値を測定する照明光測定手段と、カラー画像信号から予め定めた標準照明光スペクトルの下での被写体の三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、標準照明光スペクトル下での被写体の三刺激値の色の見えを観察照明光の下で与える三刺激値を算出する対応色算出手段と、を具備することを特徴とする色再現システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、記録媒体に記録された画像を再現する際に、観察照明光を考慮して被写体の色を再現することが可能な色再現システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、デジタルカメラ等のカラー画像入力装置により所望の被写体を撮影し、撮影された画像データを補正して、CRT モニタ等の表示装置若しくは、カラープリンタ等の出力装置により、その被写体の色を

忠実に再現する色再現システム等のカラーマネージメントシステム (CMS) が普及しつつある。

【0003】 このようなシステムにおいて、被写体を撮影した撮影側の照明光と再現画像を観察する観察側の照明光とが異なる場合には、撮影側での被写体の三刺激値 XYZ に基づく色を観察側の照明光下で観察すると、色順応などの人の知覚特性の変化により異なって見える (見え) という問題があった。

【0004】 この三刺激値 XYZ は、国際照明委員会 (CIE) が定めた色の定量値であり、同一照明光下においては、同じ色の見えを保証するものであるが、このような異なる照明光下での色については対応していない。

【0005】 従来の CMS では、このような問題を解決するために色順応モデル等の人の色知覚モデルを用いて、観察側で撮影側と同じ色の見えを与える三刺激値である対応色を求めて再現することを目指していた。

【0006】 このような色順応を含む人の色知覚については、Mark.D.Fairchild, Color Appearance Models, Addison Wesley, (1998). に開示されているようにいくつかのモデルが提案され、より正確な色予測が可能なモデルの構築を目指して研究が進められている。

【0007】 従来の CMS では、撮影側における被写体の色の見えを再現していたのに対して、特開平 9-172649 号公報に開示されている色再現システムでは、撮影信号から被写体の分光反射率画像を推定し、分光反射率画像に観察照明光スペクトルをかけることにより、観察照明光下での三刺激値を求めて再現することにより観察側での色の見えを再現する。このような照明変換を行う方法では、実際の観察照明光下で被写体がある場合の三刺激値を再現するため、色順応等の人の視覚特性を考慮することなく正確に色の見えを再現することが可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし前述した照明変換を行う色再現方法は、従来の CMS とは異なり、カメラの分光感度が CIE XYZ 等色関数と線形変換の関係にある必要はなく、研究段階である色順応モデルを用いる必要もないという利点がある一方、撮影側と観察側の照明光スペクトルデータ、カメラの分光感度データ、被写体の分光反射率の統計的性質に関するデータ等が多々必要となる。

【0009】 このようなデータのうち、照明光スペクトルデータの測定を実施するには、一般に高価な分光光度計が必要とされ、実際の撮影環境及び観察環境下での測定が必要となるため、システムを簡便に構築することは難しかった。

【0010】 また、観察照明光のスペクトル特性が被写体の色を再現するうえで必ずしも適した特性であるとは限らないため、微妙な色の違いを評価する場合、問題に

なることもある。

【0011】更に、観察を行う箇所が複数ある場合に、一般的には、それぞれ観察者ごとに異なる照明光が用いられる。それらの異なる照明光下での色を観察することになるため、例えば、遠隔医療における診断などの色に基づく判断やコミュニケーション、観察環境に依存しない絶対的な評価が必要な場合には、不都合が生じる場合が多くあった。

【0012】そこで本発明は、観察照明光のスペクトル測定をより簡便な三刺激値測定に置き換えることができ、なお且つ色再現に適した照明光スペクトル下での被写体の色再現が可能な照明変換を行う色再現システムを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、カラー画像入力手段と、上記カラー画像入力手段により得られたカラー画像信号を補正して三刺激値を算出する色推定手段と、上記色推定手段により得られた三刺激値の色を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、上記色推定手段は、観察照明光の三刺激値を測定する照明光測定手段と、上記照明光測定手段により得られた観察照明光の三刺激値と等しい三刺激値を与える仮想照明光スペクトルを算出する仮想照明光スペクトル算出手段と、カラー画像信号から仮想照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を算出する三刺激値算出手段とを備える色再現システムを提供する。

【0014】上記仮想照明光スペクトル算出手段は、規定照明光スペクトル基底関数の線形和によりスペクトルを算出する。又は、上記仮想照明光スペクトル算出手段は、カラー画像入力手段の分光感度と撮影照明光スペクトルの積が等色関数と仮想照明光スペクトルの積と線形変換の関係となるスペクトルを算出する。

【0015】さらに、カラー画像入力手段と、上記カラー画像入力手段により得られたカラー画像信号を補正して三刺激値を算出する色推定手段と、上記色推定手段により得られた三刺激値の色を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、上記色推定手段は、観察照明光の三刺激値を測定する照明光測定手段と、カラー画像信号から予め定めた標準照明光スペクトル

$$\begin{aligned} x_o &= \int_{380}^{780} x(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ y_o &= \int_{380}^{780} y(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ z_o &= \int_{380}^{780} z(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \end{aligned}$$

【0023】この場合、被写体が観察照明光下にある場合の三刺激値XYZが再現されるため、観察照明光の特性に応じて変化する人の視覚特性を考慮することなく正

* ルの下での被写体の三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、標準照明光スペクトル下での被写体の三刺激値の色の見えを観察照明光の下で与える三刺激値を算出する対応色算出手段とを備える色再現システムを提供する。

【0016】以上のような構成の色再現システムは、観察照明光の三刺激値と等しい三刺激値を与える仮想照明光スペクトル下での被写体の三刺激値とを再現することにより、観察照明光のスペクトルを測定することなく、色順応等の人の色知覚特性の変化に影響されずに正確に色の見を再現する。

【0017】また、基底関数の線形和によってスペクトルを算出することにより、実際の観察照明光スペクトルよりも演色性に優れた照明光下での色再現となる。また、このような基底関数を標準化することにより、観察照明光の三刺激値が定まるとスペクトルが一意に定まり、観察照明光の特性をスペクトルレベルで容易に標準化される。さらに、仮想照明光スペクトルをカラー画像入力手段の分光感度と撮影照明光スペクトルの積が等色関数と仮想照明光スペクトルの積と線形変換となるスペクトルとすることにより、任意の被写体に対して正確に仮想照明光下での三刺激値が求められる。

【0018】さらに、所定の標準照明光スペクトルの下での被写体の三刺激値を算出し、その標準照明光スペクトル下での被写体の三刺激値の色の見えを観察照明光の下で与える三刺激値を再現することにより、撮影照明光や観察照明光に依存せずに常に一定の標準照明光スペクトル下での被写体の色が観察できる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0020】まず、本発明による色再現システムの概要について説明する。

【0021】一般に、被写体の分光反射率 $f(\lambda)$ から観察照明光下での被写体の色を再現するためには、観察照明光スペクトル $E_o(\lambda)$ と、CIE等色関数 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ と、から次式により算出される三刺激値 X 、 Y 、 Z を再現することが必要となる。

【0022】

【数1】

確な色再現が可能となる。

【0024】これに対して実際の観察照明光と異なる照明光下で算出された三刺激値XYZの色に対しては、一

般には色順応などの人の視覚特性が異なるために観察照明光下での実際の見えとは異なる色として知覚されてしまう。

【0025】ところが人の色知覚は、三刺激値XYZが等しければ、スペクトルが異なっても同じ色と知覚するため、同一の三刺激値XYZの照明光下では、そのスペクトルが異なっても視覚特性は変化しない。

【0026】つまり、実際の観察照明光と同一の三刺激値XYZをもち、そのスペクトルの異なる仮想的な照明光下での被写体の三刺激値XYZを再現しても、その照明光下での色の見えを正確に再現することができる。

【0027】このような考えに基づいて、観察照明光の三刺激値XYZを測定し、これと同一の三刺激値XYZ*

$$E_h(\lambda) = \sum_{i=1}^3 c_i \rho_i(\lambda) \quad \dots (2)$$

【0030】ただし、

※ ※ 【数3】

$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \int_{380}^{780} x(\lambda) \rho_1(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} x(\lambda) \rho_2(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} x(\lambda) \rho_3(\lambda) d\lambda \\ \int_{380}^{780} y(\lambda) \rho_1(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} y(\lambda) \rho_2(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} y(\lambda) \rho_3(\lambda) d\lambda \\ \int_{380}^{780} z(\lambda) \rho_1(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} z(\lambda) \rho_2(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} z(\lambda) \rho_3(\lambda) d\lambda \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X_{wo} \\ Y_{wo} \\ Z_{wo} \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

【0031】により得られる。

【0032】基底関数としては、例えばPublication CI E No.15.2(1986)に開示されている昼光の基底関数が利用できる。昼光スペクトルは3本の基底関数の線形和として与えられており、各基底関数の重み係数を定めることによりスペクトルを規定することができる。

【0033】図2に波長380nm～780nmの太陽★

$$\begin{aligned} X_h &= \int_{380}^{780} x(\lambda) E_h(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ Y_h &= \int_{380}^{780} y(\lambda) E_h(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ Z_h &= \int_{380}^{780} z(\lambda) E_h(\lambda) f(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad \dots (4)$$

【0035】であり、実際の観察照明光下での被写体の三刺激値X、Y、Zとは異なるが、照明光の違いによる人の視覚特性の変化による影響は受けない。

【0036】このように、実際の観察照明光と同一の三刺激値XYZを与える仮想照明光スペクトルの下での被写体の三刺激値XYZを再現することにより、照明光スペクトルの測定をすることなく、人の視覚特性の変化に影響されない色再現が可能となる。

【0037】ここで用いたように基底関数として、昼光の基底関数等を利用することにより、実際の観察側にお

*を与える仮想的な照明光スペクトルを算出し、この仮想照明光の下での被写体の三刺激値XYZを再現することで、観察照明光のスペクトルの測定を行うことなく正確な色再現が可能となる。

【0028】観察照明光の三刺激値XYZを与える仮想照明光スペクトルにはある程度、自由度があるが、予め設定した3つの独立な基底関数を用いることにより、一意に決定することができる。

【0029】予め定める基底関数を $\rho_i(\lambda)$ ($i = 1, 2, 3$)とし、測定により得られた観察照明光の三刺激値を X_o, Y_o, Z_o とすると、仮想照明光スペクトル $E_h(\lambda)$ は、

【数2】

★光スペクトルの3本の基底関数を示す。

【0034】ここで、三刺激値XYZが定まると、これらの3つの重み係数を定めることができるため、その三刺激値XYZに対応する昼光スペクトルを求めることができる。仮想照明光スペクトル $E_h(\lambda)$ の下での被写体の三刺激値 X_h, Y_h, Z_h は、

【数4】

ける照明光スペクトルの特性に関わらず、色評価用として優れた特性をもつ照明光スペクトルでの色再現に変換することができる。

【0038】また、仮想照明光スペクトルの基底関数を標準化することにより、同一の三刺激値XYZの照明光での色再現は、常に同一スペクトルの照明光での再現色となり、観察環境が異なっても、より再現色の観察照明条件を統一化することができる。

【0039】撮影照明光スペクトル $E_s(\lambda)$ の下で、分光感度 $r(\lambda)$ 、 $g(\lambda)$ 、 $b(\lambda)$ のRGBカメラ

により撮影された分光反射率 $f(\lambda)$ の被写体の撮影信号をそれぞれ R、G、B とし、観察照明光スペクトル E (数5)。 (λ) の下での被写体の三刺激値を X_{fo} 、 Y_{fo} 、 Z_{fo} とす*

$$\begin{aligned} R &= \int_{380}^{780} r(\lambda) E_m(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ G &= \int_{380}^{780} g(\lambda) E_m(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ B &= \int_{380}^{780} b(\lambda) E_m(\lambda) f(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad \dots (5)$$

$$\begin{aligned} X_{fo} &= \int_{380}^{780} x(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ Y_{fo} &= \int_{380}^{780} y(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ Z_{fo} &= \int_{380}^{780} z(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad \dots (6)$$

【0040】と表され、任意の被写体に対して RGB から X_{fo} 、 Y_{fo} 、 Z_{fo} を求めるためには、任意の $f(\lambda)$ につ※ 【数6】

$$\begin{pmatrix} X_{fo} \\ Y_{fo} \\ Z_{fo} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad \dots (7)$$

【0041】と表されることが必要となる。すなわち、★ ★ 【数7】

$$\begin{pmatrix} x(\lambda) E_o(\lambda) \\ y(\lambda) E_o(\lambda) \\ z(\lambda) E_o(\lambda) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r(\lambda) E_m(\lambda) \\ g(\lambda) E_m(\lambda) \\ b(\lambda) E_m(\lambda) \end{pmatrix} \quad \dots (8)$$

【0042】を満たすことが必要となる。

【0043】実際には、システムがこのような条件を満たすことは非常に稀であるが、観察照明光スペクトル $E_o(\lambda)$ を (8) 式が満たされる仮想照明光スペクトル $E_h(\lambda)$ に置き換えることにより可能となる。

【0044】この時、任意の被写体に対して RGB から仮想照明光下の三刺激値 X_{fo} 、 Y_{fo} 、 Z_{fo} を正確に求めることが可能となる。

【0045】このように実際の観察照明光とは、異なる仮想照明光下での色を再現する場合、再現色の見えが変 40

わらないためには、観察照明光の三刺激値 X_o 、 Y_o 、 Z_o と仮想照明光の三刺激値 X_h 、 Y_h 、 Z_h が一致することが条件となる。

【0046】このような条件を満たす仮想照明光スペクトル $E_h(\lambda)$ を求める手段として、 $E_h(\lambda)$ が次式の誤差関数 $E_{x,y,z}$ 及び値 E_{total} を最小するスペクトルを反復計算により求める。

【0047】
【数8】

$$E_{XYZ} = [x_o - x_h]^2 + [y_o - y_h]^2 + [z_o - z_h]^2 \quad \dots (9)$$

$$E_{Luther} = \int_{380}^{780} [x(\lambda)E_h(\lambda) - \{m_{11}x(\lambda) + m_{12}g(\lambda) + m_{13}b(\lambda)\}E_m(\lambda)]^2 d\lambda \\ + \int_{380}^{780} [y(\lambda)E_h(\lambda) - \{m_{21}x(\lambda) + m_{22}g(\lambda) + m_{23}b(\lambda)\}E_m(\lambda)]^2 d\lambda \\ + \int_{380}^{780} [z(\lambda)E_h(\lambda) - \{m_{31}x(\lambda) + m_{32}g(\lambda) + m_{33}b(\lambda)\}E_m(\lambda)]^2 d\lambda \quad \dots (10)$$

ここで、 m_{ij} は次式により与えられる。

$$\frac{\partial E_{Luther}}{\partial m_{11}} = \frac{\partial E_{Luther}}{\partial m_{12}} = \frac{\partial E_{Luther}}{\partial m_{13}} \\ = \frac{\partial E_{Luther}}{\partial m_{21}} = \dots = \frac{\partial E_{Luther}}{\partial m_{33}} = 0 \quad \dots (11)$$

【0048】 E_{xyz} 及び E_{Luther} が“0”となる場合、任意の分光反射率の被写体に対してカメラ撮影信号から仮想照明光下における被写体の三刺激値が得られ、実際の観察照明光の下で仮想照明光下と同じ色の見えとして観察することができる。

【0049】次に仮想照明光を、ただ一つの規定スペク

*トルとして与える場合について説明する。

【0050】この場合の仮想照明光を標準照明光とすると、標準照明光スペクトル $E_e(\lambda)$ の下での被写体の三刺激値 X_e, Y_e, Z_e は、次式で表される。

【0051】

【数9】

$$X_e = \int_{380}^{780} x(\lambda)E_e(\lambda)f(\lambda)d\lambda \\ Y_e = \int_{380}^{780} y(\lambda)E_e(\lambda)f(\lambda)d\lambda \\ Z_e = \int_{380}^{780} z(\lambda)E_e(\lambda)f(\lambda)d\lambda \quad \dots (12)$$

【0052】標準照明光下での X_e, Y_e, Z_e は、標準照明光の三刺激値 $X_e Y_e Z_e$ と異なる三刺激値 $X Y Z$ の観察照明光下ではその色の見えが異なる。

【0053】三刺激値 $X Y Z$ が異なる照明光下において、同一の見えとなるような被写体の三刺激値 $X Y Z$ を対応色と称し、被写体の三刺激値 X_e, Y_e, Z_e の観察照明光下での対応色を求めて再現することにより、被写体の標準照明光下での色の見えを観察光下で再現することができる。

【0054】対応色を求める方法としては、色順応のメカニズムをモデル化した人の色知覚モデルが用いられ ※40

30※る。

【0055】この色順応モデルとしては、他のモデルの基礎となるフォン・クリースモデルなどいくつかのモデルが提案されている。フォン・クリースモデルによる標準照明光下にある被写体の三刺激値 X_e, Y_e, Z_e の対応色 X_c, Y_c, Z_c は、標準照明光の三刺激値を X_{ws}, Y_{ws}, Z_{ws} 、観察照明光三刺激値を X_o, Y_o, Z_o とすると、次式で与えられる。

【0056】

【数10】

$$\begin{pmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{pmatrix} = M^{-1} \begin{pmatrix} \frac{1}{X_{wo}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{Y_{wo}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{Z_{wo}} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \frac{1}{X_{ws}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{Y_{ws}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{Z_{ws}} \end{pmatrix} M \begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} \quad \dots (13)$$

【0057】ただし、 M は三刺激値 $X Y Z$ から錐体の刺激量に変換する 3×3 の行列である。このような色順応のみを考慮した色順応モデルのほか、更に多くの知覚量を予測する色の見えモデルが提案されており、観察環境

の違いに応じて利用することができる。

【0058】このように標準照明光下での被写体の三刺激値を求め、標準照明光下における三刺激値の色の見えを観察照明光下で再現することにより、複数の異なる観

察照明光下においても同一の照明光スペクトルの下での被写体の色の見えを観察することが可能となる。

【0059】これにより、被写体の観察照明光環境を撮影側、観察側の照明光に依存せずに標準化することができる。ここで用いる標準照明光スペクトルとして演色性に優れたスペクトルを規定することにより、撮影側及び観察側の照明光に依存せずに優れた特性をもつ照明光スペクトルでの色再現が可能となる。また、この場合も観察照明光のスペクトルを測定する必要はなく、三刺激値XYZの測定に置き換えることができる。

【0060】次に図1には、本発明による第1の実施形態に係る画像処理装置の構成例を示し説明する。また図3には、図1に示した色補正装置5の詳細な構成及びそれぞれのデータ〔 〕は、図示したデータの参照符号〕の流れを示す。

【0061】本実施形態の画像処理装置は、画像データ等のデータ転送が可能な任意の回線により接続された撮影側Aと観察側Bとに分れた仮想照明色再現システムとして構成されている。

【0062】撮影側Aには、撮影照明光2下で被写体3を撮影するRGBカラーカメラ1と、撮影照明光スペクトルを測定する簡易分光計4と、被写体3の三刺激値データを算出し、モニタプロファイルデータを用いてCRTモニタ6への入力信号に変換する色補正装置5とが配置される。また、観察側Bには、CRTモニタ6と観察照明光8の三刺激値を測定する照明光色測定装置7とが配置される。

【0063】撮影側Aでは、RGBカラーカメラ1により撮影照明光2の下で被写体3を撮影し、RGB画像を得る。そして、簡易分光計4により撮影照明光スペクトルデータ〔MS〕を測定する。この簡易分光計4は、例えば、380nmから780nmまでの波長領域における照明光スペクトルの放射強度を1nm間隔で測定するものである。得られたRGB画像データ〔CRGB〕と撮影照明光スペクトルデータは、色補正装置5に送られる。

【0064】観察側Bでは、CRTモニタ6上に設置された照明光色測定装置7により観察照明光8の三刺激値〔XYZ〕を測定する。

【0065】照明光色測定装置7は、図示しない3枚のフィルタにより三刺激値XYZ等色関数に近似した分光感度をもつ、3つのセンサから構成されており、CRTモニタ6近傍の観察照明光8の三刺激値XYZを測定する。

【0066】観察照明光8の三刺激値XYZは、撮影側の色補正装置5に伝送される。色補正装置5では、予め保存しておいたRGBカラーカメラ1の分光感度データ〔h〕及び被写体特性データ〔σ〕と、RGBカラーカメラ1から入力したRGB画像データと、から被写体3の分光反射率データ〔f〕を算出する。

【0067】また、照明光色測定装置7により測定した観察照明光8の三刺激値データと、予め保存しておいた基底関数〔ρ〕とから仮想照明光スペクトルデータ〔OS〕を算出する。上記被写体3の分光反射率データと、予め保存しておいた等色関数データ〔CMF〕と、算出した仮想照明光スペクトルデータとから被写体3の三刺激値データ〔XYZ〕を算出する。

【0068】求められた被写体3の三刺激値データは、モニタプロファイルデータ〔MTP〕を用いてCRTモニタ6への入力信号〔MRGB〕に変換された後に観察側のCRTモニタ6に伝送される。観察者は、観察照明光8の下でCRTモニタ6上に表示された被写体3のカラー画像を観察する。

【0069】次に図3を参照して、上記色補正装置5の詳細な構成を示し説明する。

【0070】この色補正装置5は、RGB画像データから被写体の分光反射率データを算出する分光反射率算出装置9と、観察照明光8の三刺激値データから仮想照明光スペクトルを算出する仮想照明光スペクトル算出装置10と、被写体の分光反射率データから被写体3の三刺激値を算出する三刺激値算出装置11と、被写体3の三刺激値をCRTモニタ6への入力信号に変換する出力信号算出装置12と、記憶装置13とで構成されている。

【0071】このような構成において、分光反射率算出装置9は、RGBカラーカメラ1から入力したRGB画像データから、簡易分光計4により測定した撮影照明光スペクトルデータ $S_p(\lambda)$ 、記憶装置13に予め保存されている被写体特性データ、RGBカラーカメラ1の分光感度データを用いて被写体3の分光反射率 $f(\lambda)$ を算出する。

【0072】撮影照明光スペクトルデータ $S_p(\lambda)$ は、380nmから780nmまでの波長領域において、1nm間隔で放射強度データをもっている。

【0073】被写体特性データは、被写体3の分光反射率の3本の基底関数データ $\sigma_1(\lambda)$ 、 $\sigma_2(\lambda)$ 、 $\sigma_3(\lambda)$ からなり、各基底関数は、380nmから780nmまでの波長領域において、1nm間隔で値をもっている。基底関数は、被写体の種類に応じて作成されるもので、分光反射率の相関行列の固有ベクトルである。

【0074】基底関数の線形和により被写体の分光反射率を表すことができる。RGBカラーカメラの分光感度データは、R、G、B各チャンネルごとに $h_r(\lambda)$ 、 $h_g(\lambda)$ 、 $h_b(\lambda)$ の380nmから780nmまでの波長領域において、1nmで感度値データをもっている。

【0075】この分光反射率算出装置9では、次式に基づいて、分光反射率 $f(\lambda)$ を算出する。

【0076】

〔数11〕

$$f(\lambda) = \sigma \cdot (D^{-1}C)$$

… (14)

【0077】但し、

* * 【数12】

$$\sigma = (\sigma_1(\lambda), \sigma_2(\lambda), \sigma_3(\lambda))$$

$$C = (R, G, B)^t$$

$$D = \begin{pmatrix} \int_{380}^{780} h_r(\lambda) s_1(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} h_r(\lambda) s_2(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} h_r(\lambda) s_3(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda \\ \int_{380}^{780} h_g(\lambda) s_1(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} h_g(\lambda) s_2(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} h_g(\lambda) s_3(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda \\ \int_{380}^{780} h_b(\lambda) s_1(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} h_b(\lambda) s_2(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda & \int_{380}^{780} h_b(\lambda) s_3(\lambda) s_m(\lambda) d\lambda \end{pmatrix}$$

… (15)

【0078】ここで、 \cdot は内積、 t は転置、 -1 は逆行列を表す。

【0079】仮想照明光スペクトル算出装置10は、照明光色測定装置7により測定された観察照明光の三刺激値 X_o, Y_o, Z_o を入力し、記憶装置13から予め定めた昼光スペクトルの基底関数 $\rho_1(\lambda), \rho_2(\lambda), \rho_3(\lambda)$ を入力し、仮想照明光スペクトル $E_h(\lambda)$ を出力する。

【0080】仮想照明光スペクトル $E_h(\lambda)$ は、基底関数 $\rho_1(\lambda), \rho_2(\lambda), \rho_3(\lambda)$ の線形和であり、且つその三刺激値が観察照明光8の三刺激値 X_o, Y_o, Z_o となるスペクトルで、(2)、(3)式により算出される。

【0081】三刺激値算出装置11は、分光反射率算出装置9で算出された被写体3の分光反射率データ $f(\lambda)$ と、記憶装置13に予め保存しておいた等色関数

データ $x(\lambda), y(\lambda), z(\lambda)$ 、仮想照明光スペクトル算出装置に10において算出した仮想照明光スペクトルデータ $E_h(\lambda)$ とから仮想照明光スペクトル下の被写体の三刺激値 X, Y, Z を算出する。 ※

$$R_m = \gamma_r^{-1}[R_L]$$

$$G_m = \gamma_g^{-1}[G_L]$$

$$B_m = \gamma_b^{-1}[B_L]$$

… (16)

$$\begin{pmatrix} R_L \\ G_L \\ B_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{xr} & m_{yr} & m_{zr} \\ m_{xg} & m_{yg} & m_{zg} \\ m_{xb} & m_{yb} & m_{zb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_h \\ Y_h \\ Z_h \end{pmatrix}$$

… (17)

【0086】色補正装置5により算出された入力信号 R, G, B は、CRTモニタ6に出力される。CRTモニタ6では、各画素が R, G, B により構成されるカラー画像が表示され、観察者は、観察照明光8の下で観察する。観察時に観察者が、観察照明光8に順応するよう、CRTモニタ6にはCRTモニタ6に固有の「白」を表示しないものとする。

※【0082】仮想照明光スペクトル下の被写体の三刺激値 X_h, Y_h, Z_h は、(4)式に基づいて算出される。

【0083】出力信号算出装置12は、被写体3の三刺激値 X_h, Y_h, Z_h をモニタプロファイルデータを用いてCRTモニタ6に表示するための入力信号 R, G, B に変換する。

【0084】モニタプロファイルデータは、3行3列のマトリクスとRGB各色のトーン補正データとからなり、予め測定により得られたデータが記憶装置13に保存されている。三刺激値 X_h, Y_h, Z_h は、マトリクス変換により X, Y, Z とは線形な関係にある R_L, G_L, B_L に変換され、 R_L, G_L, B_L は、CRTモニタのRGBそれぞれの入力に対する出力輝度の関係を与える γ

$\gamma_r[R], \gamma_g[G], \gamma_b[B]$ 、の逆関数により入力信号値 R, G, B に変換される。三刺激値 X_h, Y_h, Z_h から入力信号 R, G, B は、次式に基づいて算出される。

【0085】

【数13】

【0087】図4には、本発明による画像処理装置に係る第2の実施形態の色補正装置の構成を示し説明する。尚、本実施形態で色補正装置以外の構成は、前述した第1の実施形態において説明した図1に示す構成と同等であるため同じ参照符号を付して省略し、ここでは色補正装置について詳細に説明する。また、[]は、図示したデータの参照符号を示している。

【0088】本実施形態の色補正装置14は、カメラ撮影信号のRGB値から仮想照明光下での三刺激値XYZ変換用マトリクスを作成する仮想照明光スペクトル算出装置10と、被写体の仮想照明光下での三刺激値を算出する三刺激値算出装置11と、被写体3の三刺激値をCRTモニタ6への入力信号[MRGB]に変換する出力信号算出装置12と、記憶装置13とから構成されている。

【0089】以下に上記色補正装置を構成する各装置について詳細に説明する。

【0090】仮想照明光スペクトル算出装置10は、簡易分光計4により測定された撮影照明光スペクトルデータ[MS]、記憶装置13に予め保存されていたRGBカラーカメラ1の分光感度データ[h]、等色関数データ[CMF]、照明光色測定装置7により得られた観察照明光の三刺激値データ[IXYZ]とから仮想照明光スペクトルを作成し、RGBカラーカメラ1から出力したRGB値[CRGB]から仮想照明光下での被写体の三刺激値X、Y、Z、[OXYZ]を算出するための変換マトリクス[MTX]を作成する。

【0091】仮想照明光スペクトルは(9)式、(10)式の値が最小もしくは閾値以下となるスペクトルとする。このようなスペクトルを各波長のスペクトル値の調整と(9)式、(10)式の評価値の反復計算により求める。このようにして定まった仮想照明光スペクトルにおいて、(11)により算出されるm11～m33を要素とするマトリクスを変換マトリクスとして三刺激値算出装置に出力する。

【0092】三刺激値算出装置11は、RGBカラーカメラ1により得られたRGB画像データを、仮想照明光スペクトル算出装置10により得られた変換マトリクスにより三刺激値XYZに変換する。

【0093】尚、上記出力信号算出装置12は、前述した第1の実施形態において説明した図2に示した出力信号算出装置12と同等であり、ここでの説明は省略する。

【0094】次に図5には、本発明による画像処理装置の第3の実施形態に係る色補正装置の構成を示して説明する。尚、本実施形態の色補正装置以外の構成は、図2に示した第1の実施形態における構成と同等であり、同

じ参照符号を付してその詳細な説明は省略する。また、*

$$M = \begin{pmatrix} 0.071 & 0.94 & -0.016 \\ -0.461 & 1.360 & 0.101 \\ 0.000 & 0.000 & 1.00 \end{pmatrix} \quad \dots (18)$$

【0103】対応色の三刺激値X、Y、Z、[CXYZ]は、モニタプロファイルを用いて、モニタ入力信号R、G、B、[MRGB]に変換される。CRTモニタ6には、各画素がR、G、B、により構成されるカラー画像が表示され、観察者は観察照明光の下でCRTモニ

* [] は、図示したデータの参照符号を示している。

【0095】本実施形態の色補正装置15は、RGB画像データから被写体3（図示せず）の分光反射率データ[f]を算出する分光反射率算出装置9と、被写体3の分光反射率データから被写体3の標準照明光下での被写体の三刺激値[SXYZ]を算出する三刺激値算出装置16と、標準照明光下での三刺激値から観察照明光下での対応色の被写体の三刺激値[CXYZ]を算出する対応色算出装置17、対応色の三刺激値をCRTモニタ6への入力信号[MRGB]に変換する出力信号算出装置12と記憶装置13から構成されている。

【0096】以下に、色補正装置15内の図3に示した構成と異なる三刺激値算出装置16及び、対応色算出装置17について説明する。

【0097】三刺激値算出装置16は、分光反射率算出装置9で算出された被写体3の分光反射率データf(λ)[f]と、予め保存しておいた等色関数データx(λ)、y(λ)、z(λ)[CMF]、及び標準照明光スペクトルデータE、(λ)[SS]とから標準照明光下での被写体3の三刺激値X、Y、Z、[SXYZ]を算出する。標準照明光スペクトルデータE、(λ)は、CIE D65のスペクトル分布のデータが、380nmから780nmまでの波長領域において、1nm間隔で与えられている。

【0098】CIE D65のスペクトル分布は、相対値で定義されているが、ここでは、標準的なCRTモニタ6の観察環境に適した絶対値データとなっている。

【0099】対応色算出装置17は、三刺激値算出装置16で算出された標準照明光下での被写体3の三刺激値X、Y、Z、を観察照明光下での対応色に変換する。

【0100】標準照明光の三刺激値X₀、Y₀、Z₀、[JXYZ]が記憶装置13から入力され、観察照明光の三刺激値X₀、Y₀、Z₀、[IXYZ]が照明光色測定装置7から入力される。

【0101】対応色の三刺激値X、Y、Z、は、(13)式に基づいて算出される。(13)式のマトリクスMのデータは、対応色算出装置17内部に記憶されており、以下の値が格納されている。

【0102】

【数14】

タ6に表示されたカラー画像を観察する。

【0104】よって、観察者は、観察照明光下で標準照明光下の被写体の色の見えを観察することができる。

【0105】次に図6には、本発明による第4の実施形態に係る画像処理装置の使用例を示し説明する。

【0106】本実施形態は、例えば、診療所21内の撮影照明光22下で被写体となる患者23がマルチスペクトルカメラ(MSC)24により撮影され、静止画像として得られる。

【0107】MSC24は、例えば、図7に示したような7枚の透過波長帯が異なる干渉フィルタ25を装填したフィルタターレット26を図8に示すように備えており、モータ40により回転するフィルタターレット26と同期して、撮影レンズ系41を通った光像を7チャンネルの画像データとしてCCD42で取り込む。

【0108】MSC24により撮影された患者23の画像データは、7チャンネルの静止画像データとしてコンピュータ27内に取り込まれる。患者23の背後には、分光反射率が一定値とみなせる白色の背景板28が設置されており、マルチスペクトルカメラ24と併置されている分光計29により撮影照明光の背景板28からの反射光スペクトルを測定する。

【0109】測定データは、コンピュータ27内に取り込まれ、予め保存しておいた背景板28の分光反射率で*

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = AB^{-1} \begin{pmatrix} 91 \\ 92 \\ 93 \\ \vdots \\ 97 \end{pmatrix} \quad \dots (19)$$

【0113】マトリクスA、Bの要素 a_{ij} 、 b_{ij} は、※※【数16】

$$\begin{aligned} a_{ij} &= \int_{\lambda=380}^{780} \int_{\lambda'=380}^{780} E_h(\lambda) x_i(\lambda) f(\lambda) f(\lambda') E_m(\lambda') h_j(\lambda') d\lambda d\lambda' \\ b_{ij} &= \int_{\lambda=380}^{780} \int_{\lambda'=380}^{780} E_m(\lambda) h_i(\lambda) f(\lambda) f(\lambda') E_m(\lambda') h_j(\lambda') d\lambda d\lambda' \end{aligned} \quad \dots (20)$$

【0114】である。<>は期待値演算を表し、被写体特性< $f(\lambda)$ $f(\lambda')$ >は診断に重要となる肌の分光反射率の期待値であり、予めデータベースの一つとして記憶装置に保存されている。病院31のコンピュータ33では診療所21から送られてきた患者23のXYZ画像データを予め保存しておいたCRTモニタ33のプロファイルデータを用いて、CRTモニタ33のRGB入力信号に変換する。

【0115】患者23のRGB入力信号画像は、CRTモニタ33上に表示され、医者等の観察者37は、観察照明光35下にてCRTモニタ33上のカラー画像を観察する。

* 除算されて撮影照明光スペクトルが算出される。診療所21と病院31とは通信回線32により結ばれており、病院31のCRTモニタ33近傍に設置された観察照明光測定器34により測定された観察照明光35の三刺激値XYZは、通信回線32を通じて診療所21に伝送される。

【0110】仮想照明光スペクトル $E_v(\lambda)$ は、観察照明光35の三刺激値XYZをもとに第1の実施形態と同様の方法により作成されるものとする。

10 【0111】仮想照明光スペクトルが算出された後に、仮想照明光スペクトルデータ、撮影データ、予めコンピュータ27内に保存されていたマルチスペクトルカメラ24の分光感度データ、被写体特性データをもとに被写体23のXYZ画像データが算出され、XYZ画像データが通信回線32を通じて病院31のコンピュータ36に伝送される。三刺激値XYZは、(19)式、(20)式に基づいて算出される。

【0112】

【数15】

【0116】病院31のCRTモニタ33の背後には白い背景板38が設置されており、観察者37は観察照明光35の背景板38からの反射光に十分順応するように配慮されている。

40 【0117】背景板38の分光反射率 $p(\lambda)$ が一定値でない場合には、仮想照明光スペクトルの算出に用いる観察照明光35の三刺激値X、Y、Zを次式により与えられる背景板38の三刺激値X、Y、Zに置き換える。

【0118】

【数17】

19

20

$$\begin{aligned}
 x_b &= \int_{380}^{780} x(\lambda) E_o(\lambda) p(\lambda) d\lambda \\
 y_b &= \int_{380}^{780} y(\lambda) E_o(\lambda) p(\lambda) d\lambda \quad \dots (21) \\
 z_b &= \int_{380}^{780} z(\lambda) E_o(\lambda) p(\lambda) d\lambda
 \end{aligned}$$

【0119】観察照明光測定器34は、観察照明光35もしくは(21)により与えられる背景板38からの観察照明光35の反射光の三刺激値を直接測定する。

【0120】また、CRTモニタ33のモニタプロファイルを作成するための測定器の機能を兼ねるものとする。

【0121】図9に本発明の画像処理装置の第5の実施形態を示す。この発明の実施形態は、次のように構成されている。前述した第4の実施形態において、観察照明光の三刺激値を測定する装置として観察照明光測定器が用いられていた。

【0122】観察照明光の三刺激値を正確に測定するためには、観察照明光測定器の分光感度が等色関数と線形な変換関係になくなくてはならない。

【0123】このような特別な感度特性を持つ測定器の代替えとして、分光反射率が既知の9枚の色票を含むカラーチャート39と分光感度が既知のデジタルカメラ40を用いる。カラーチャート39は、CRTモニタ近傍に配置し、各色票から反射される観察照明光の反射光をデジタルカメラ40により撮影する。それぞれの色票の撮影信号は、通信回線41を通して、病院31内のコンピュータ36に伝送される。病院31内のコンピュータ36の照明光三刺激値算出処理部において、色票の撮影*

* 信号と予め保存しておいたデジタルカメラ40の分光感度データ、色票の分光反射率データ、等色関数データとから観察照明光の三刺激値を算出し、通信回線42を通して図示しない診療所のコンピュータに伝送する。照明光三刺激値算出処理部の構成を図10に示す。

【0124】変換マトリクス算出部51は、コンピュータ36内に配置された、デジタルカメラ分光感度データ保存部54に予め保存されていたデジタルカメラ40の分光感度データ $h_i(\lambda)$ 、色票分光反射率データ保存部53に予め保存されていた色票の分光反射率データCSR及び、等色関数データ保存部52に予め保存されていた等色関数データCMFから、色票撮影信号入力部55からの色票の撮影信号RGBを観察照明光の三刺激値XYZに変換するための変換マトリクスMTXを算出する。

【0125】上記変換マトリクスMTXは、等色関数を $xyz_i(\lambda)$ ($i = x, y, z$)、デジタルカメラ40の分光感度を $h_i(\lambda)$ ($i = 1 \sim 3$)、色票の分光反射率を $f_j(\lambda)$ ($j = 1 \sim 9$)とすると次式に基づいて算出される。

【0126】

【数18】

$$M = \begin{pmatrix} c_{x1} & c_{x2} & \dots & c_{x27} \\ c_{y1} & c_{y2} & \dots & c_{y27} \\ c_{z1} & c_{z2} & \dots & c_{z27} \end{pmatrix}$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial c_{xk}} = \frac{\partial E_y}{\partial c_{yk}} = \frac{\partial E_z}{\partial c_{zk}} \quad (k = 1 \sim 27)$$

$$E_i = \int_{\lambda=380}^{780} \left\{ xyx_i(\lambda) - \sum_{k=1}^{27} c_{ik} s_k(\lambda) \right\}^2 d\lambda \quad (i = x, y, z)$$

$$s_k(\lambda) = k_1(\lambda) f_j(\lambda) \quad (k = k(i, j))$$

【0127】変換マトリクス算出部51から算出された変換マトリクスMTXは、三刺激値算出部56に送られる。この三刺激値算出部56では、色票撮影信号入力部55により入力された色票画像から各色票の平均信号値を算出し、変換マトリクスMTXをかけることにより観察照明光の三刺激値XYZを算出し、三刺激値保存部57に保存する。

【0128】本実施形態では、9枚の色票を用いている

が、色票の枚数はこれに限定されるものではない。また、3チャンネルの感度をもつデジタルカメラを撮影側と同様にマルチスペクトルカメラや4チャンネル以上のデジタルカメラとすることも可能である。

【0129】このようにデジタルカメラと色票を用いて観察照明光の三刺激値測定を行うことにより、高価な測定器を用いる必要がなくなる。また、一般に通常のデジタルカメラの分光感度特性は等色関数と線形変換関係に

ないため、正確に三刺激値を測定することができないが、色票と組み合わせることにより、より高精度な測定が可能となる。

【0130】以上の実施形態について説明したが、本明細書には以下のような発明も含まれている。

【0131】(1) カラー画像入力手段と、上記カラー画像入力手段により得られたカラー画像信号を補正して三刺激値を算出する色推定手段と、上記色推定手段により得られた三刺激値の色を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、上記色推定手段は、観察照明光の三刺激値を測定する照明光測定手段と、上記照明光測定手段により得られた観察照明光の三刺激値と等しい三刺激値を与える仮想照明光スペクトルを算出する仮想照明光スペクトル算出手段と、カラー画像信号から仮想照明光スペクトルのもとでの被写体の三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、を有することを特徴とする色再現システム。

【0132】この発明は、第1の実施形態(図1及び図3)と、第2の実施形態(図4)と、第4の実施形態(図6、図7及び図8)とが対応する。

【0133】この発明は、以下の作用効果がある。

【0134】観察照明光と三刺激値が等しい仮想照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を再現することにより、観察照明光のスペクトルを測定することなく色順応等の人の色知覚特性の変化に影響されない色再現が可能となる。

【0135】なお、本発明では観察照明光と仮想照明光の三刺激値が同じになるように仮想照明光スペクトルを求めると記述したが、観察者が観察照明光の物体からの反射光に順応している場合には、順応している対象となる物体の反射光の三刺激値と等しい三刺激値をもつスペクトルを仮想照明光スペクトルとする。

【0136】また、カラー画像出力手段は出力信号算出装置とCRTモニタとしたが、これに限られるものではない。

【0137】CRTモニタを液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ等他の表示装置やプリンタ等の画像形成装置に置き換えることは容易である。この場合三刺激値を出力装置の信号に変換するための出力信号算出装置では、個々の出力装置に応じたデータを用いて変換を行う。

【0138】(2) 上記仮想照明光スペクトル算出手段は、規定照明光スペクトル基底関数の線形和によりスペクトルを算出することを特徴とする上記(1)項に記載の色再現システム。

【0139】この発明は、第1の実施形態(図1及び図3)、第4の実施形態(図6、図7及び図8)が対応する。

【0140】この発明は、以下の作用効果がある。

【0141】観察照明光と三刺激値が等しい仮想照明光

スペクトル下での被写体の三刺激値を再現することにより、観察照明光のスペクトルを測定することなく色順応等の人の色知覚特性の変化に影響されない色再現が可能となる。更に基底関数の線形和によりスペクトルを算出することにより、実際の観察光スペクトルよりも演色性に優れた照明光下での色再現が可能となる。また、このような基底関数を標準化することにより、観察照明光の三刺激値が定まるとスペクトルが一意に定まることから、従来では三刺激値もしくは色度値、色温度での規定しかできなかった観察照明光の特性をスペクトルレベルで標準化することが容易になる。

【0142】(3) 上記仮想照明光スペクトル算出手段は、カラー画像入力手段の分光感度と撮影照明光スペクトルの積が等色関数と仮想照明光スペクトルの積と線形変換となるスペクトルを算出することを特徴とする上記(1)項に記載の色再現システム。

【0143】この発明は、第2の実施形態(図4)が対応する。

【0144】この発明は、以下の作用効果がある。

【0145】観察照明光と三刺激値が等しい仮想照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を再現することにより、観察照明光のスペクトルを測定することなく色順応等の人の色知覚特性の変化に影響されない色再現が可能となる。更に、従来は撮影照明光とは異なる観察照明光のもとでの被写体の三刺激値を正確に求めるためには、被写体の分光反射率の基底関数がカラー画像入力手段のチャンネル数以下となることが必要であった。

【0146】このため、被写体为人肌など特定の対象に限定されるか、もしくはマルチスペクトルカメラのように多チャンネルを有する特殊なカラー画像入力装置が必要であった。仮想照明光スペクトルをカラー画像入力手段の分光感度と撮影照明光スペクトルの積が等色関数と仮想照明光スペクトルの積と線形変換となるスペクトルとすることにより、任意の被写体に対して正確に仮想照明光下での三刺激値を求めることが可能となる。

【0147】(4) カラー画像入力手段と、上記カラー画像入力手段により得られたカラー画像信号を補正して三刺激値を算出する色推定手段と、上記色推定手段により得られた三刺激値の色を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、上記色推定手段は、観察照明光の三刺激値を測定する照明光測定手段と、カラー画像信号から予め定めた標準照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、標準照明光スペクトル下での被写体の三刺激値の色の見えを観察照明光の下で与える三刺激値を算出する対応色算出手段と、を有することを特徴とする色再現システム。

【0148】この発明は、第3の実施形態(図3及び図5)が対応する。

【0149】この発明は、以下の作用効果がある。

【0150】所定の標準照明光スペクトルの下での被写体の三刺激値を算出し、その標準照明光スペクトルの下での被写体の三刺激値の色の見えを観察照明光の下で与える三刺激値を再現することにより、撮影照明光や観察照明光に依存せず常に一定の標準照明光スペクトル下での被写体の色を観察することが可能となる。これにより、複数の異なる観察照明光下の場所で同一の被写体画像を観察しても、全ての観察値において同一の色を観察することが可能となる。また、標準照明光スペクトルを色の観察においてすぐれた特性をもつスペクトルに規定しておくことにより、実際の観察照明光よりも優れた特性の照明光下での色を観察することができる。

【0151】(5) 所定の被写体をカラー画像として撮像し、撮像したカラー画像の色補正を行い、回線によりデータ転送が可能な色再現システムにおいて、撮影照明光下で被写体を撮像するカラーカメラと、上記撮影照明光のスペクトルを測定する簡易分光計と、被写体を観察する側の観察照明光の三刺激値を測定して、回線を介して色補正装置に観察照明光の三刺激値データを転送する照明光色測定装置と、転送された上記観察照明光の三刺激値に基づいて作成された仮想照明光スペクトル下での上記被写体の三刺激値を算出し、モニタプロファイルデータを用いて、モニタ信号に変換する色補正装置と、上記色補正装置により、色補正された被写体像を含むカラー画像を表示するためのモニタと、を具備する色補正装置と、を具備することを特徴とする色再現システム。

【0152】この発明は、第1の実施形態(図1及び図3)、第4の実施形態(図6)とが対応する。

【0153】この発明は、以下の作用効果がある。

【0154】撮影箇所と観察箇所とが回線で接続され、遠隔地における色再現が実施でき、観察照明光の三刺激値と等しい三刺激値を与える仮想照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を再現することにより、観察照明光のスペクトルを測定することなく、色順応等の人の色知覚特性の変化に影響されない色再現が可能となる。

【0155】(6) 上記(5)に記載の上記色再現システムの色補正装置は、昼光スペクトルの基底関数 ρ 、モニタプロファイルデータMTP、等色関数データCMF、及び上記RGBカラーカメラの分光感度データ h を予め記憶する記憶装置と、上記照明光色測定装置により測定された観察照明光の三刺激値 XYZ と、上記記憶装置からの上記基底関数 ρ とから仮想照明光スペクトルデータ OS を算出する仮想照明光スペクトル算出装置と、上記記憶装置からの被写体特性データ σ 及び分光感度データ h と、上記RGBカラーカメラから入力したRGB画像データCRGBと簡易分光計からの撮影照明光スペクトルとから被写体の分光反射率データ f を算出する分光反射率算出装置と、上記記憶装置からの等色関数データCMFと、上記仮想照明光スペクトル算出装置からの仮想照明光スペクトルデータ OS と、上記分光反射率

算出装置からの分光反射率データ f とから被写体の三刺激値データ XYZ を算出する三刺激値算出装置と、上記記憶装置からのモニタプロファイルデータMTPと、上記三刺激値算出装置からの三刺激値データ XYZ とから上記モニタ信号となるRGB画像データCRGBを算出する出力信号算出装置で構成される。

【0156】この発明は、第1の実施形態(図3)が対応する。

【0157】この発明は、以下の作用効果がある。

【0158】観察照明光の三刺激値と等しい三刺激値を与える仮想照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を再現することにより、観察照明光のスペクトルを測定することなく、色順応等の人の色知覚特性の変化に影響されない色再現が可能となる。所定の標準照明光スペクトル下での被写体の三刺激値を算出し、その標準照明光スペクトル下での被写体の三刺激値の色の見えを観察照明光の下で与える三刺激値を再現することにより、撮影照明光や観察照明光に依存せず常に一定の標準照明光スペクトル下での被写体の色を観察することが可能となる。

【0159】(7) 上記(5)に記載の上記色再現システムの色補正装置は、モニタプロファイルデータMTP、等色関数データCMF及び上記RGBカラーカメラの分光感度データ h を予め記憶する記憶装置と、上記照明光色測定装置により測定された観察照明光の三刺激値 XYZ と、上記記憶装置からのモニタプロファイルデータMTP、等色関数データCMFとから変換マトリクスMTXと、上記RGBカラーカメラから入力したRGB画像データCRGBとから被写体の三刺激値データ XYZ を算出する三刺激値算出装置と、上記記憶装置からのモニタプロファイルデータMTPと、上記三刺激値算出装置からの三刺激値データ XYZ とから上記モニタ信号となるRGB画像データCRGBを算出する出力信号算出装置とで構成される。

【0160】この発明は、第2の実施形態(図4)が対応する。

【0161】この発明は、上記(3)項と同等の作用効果がある。

【0162】(8) 上記(5)に記載の上記色再現システムの色補正装置は、被写体特性データ σ 、モニタプロファイルデータMTP、等色関数データCMF、標準照明光スペクトルデータSS、標準照明光の三刺激値 XYZ 及び上記RGBカラーカメラの分光感度データ h を予め記憶する記憶装置と、上記記憶装置からの被写体特性データ σ 及び分光感度データ h と、上記RGBカラーカメラから入力したRGB画像データCRGBと、上記簡易分光計からの撮影照明光スペクトルデータMSとから被写体の分光反射率データ f を算出する分光反射率算

出装置と、上記分光反射率算出装置からの分光反射率データ f と、上記記憶装置からの等色関数データ CMF 及び標準照明光スペクトルデータ SS とから標準照明光下での被写体の三刺激値 $SXYZ$ を算出する三刺激値算出装置と、上記三刺激値算出装置からの三刺激値 $SXYZ$ と、上記記憶装置からの標準照明光の三刺激値 $JXYZ$ と、上記照明光色測定装置からの観察照明光の三刺激値 $IXYZ$ とから対応色の被写体の三刺激値 $CXYZ$ を算出する対応色算出装置と、上記対応色算出装置からの三刺激値 $CXYZ$ と、上記記憶装置からのモニタプロファイルデータ MTP とから上記モニタ信号となる RGB 画像データ $CRGB$ を算出する出力信号算出装置で構成される。

【0163】この発明は、第3の実施形態（図5）が対応する。

【0164】この発明は、上記（4）項と同等の作用効果がある。

【0165】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、観察照明光のスペクトル測定をより簡便な三刺激値測定に置き換えることができ、なお色再現に適した照明光スペクトル下での被写体の色再現が可能な照明変換を行う色再現システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る画像処理装置の構成例を示す図である。

【図2】波長380nm～780nmの太陽光スペクトルにおける3本の基底関数を示す図である。

10

20

*

*【図3】図1に示した色補正装置の詳細な構成を示す図である。

【図4】第2の実施形態に係る画像処理装置の色補正装置の構成を示す図である。

【図5】第3の実施形態に係る画像処理装置の色補正装置の構成を示す図である。

【図6】第4の実施形態に係る画像処理装置の使用例を示す図である。

【図7】第4の実施形態に用いたマルチスペクトルカメラ（MSC）が備えるフィルタターレットの構成例を示す図である。

【図8】第4の実施形態に用いたマルチスペクトルカメラ（MSC）の構成例を示す図である。

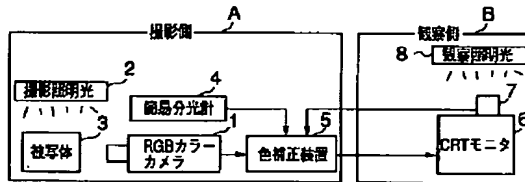
【図9】第5の実施形態に係る画像処理装置の使用例を示す図である。

【図10】第5の実施形態における照明光三刺激値算出処理部の構成を示す図である。

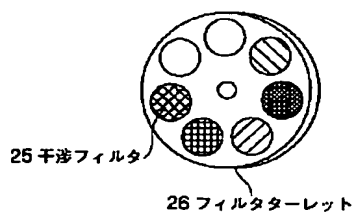
【符号の説明】

- 1…RGBカラーカメラ
- 2…撮影照明光
- 3…被写体
- 4…簡易分光計
- 5…色補正装置
- 6…CRTモニタ
- 7…照明光色測定装置
- 8…観察照明光
- A…撮影側
- B…観察側

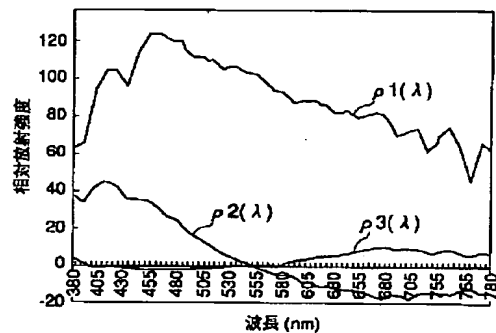
【図1】



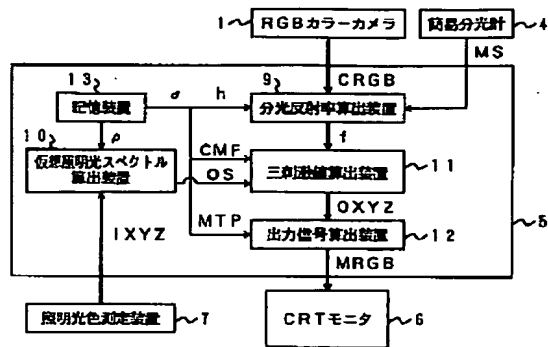
【図7】



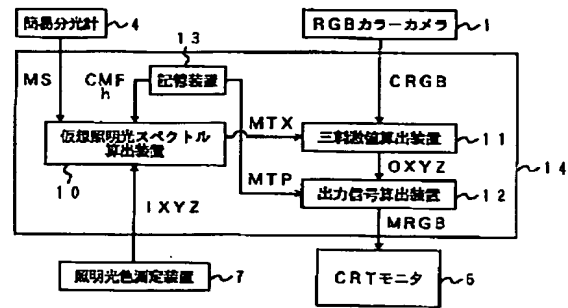
【図2】



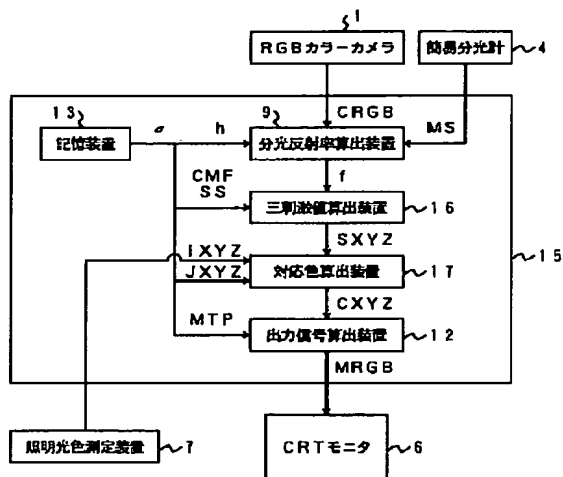
【図3】



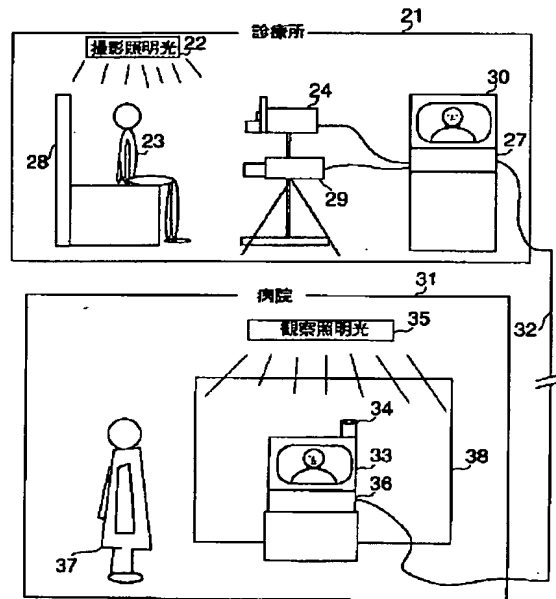
【図4】



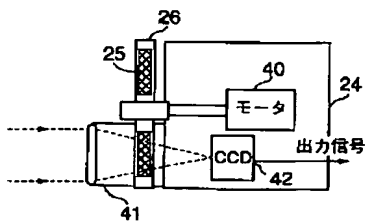
【図5】



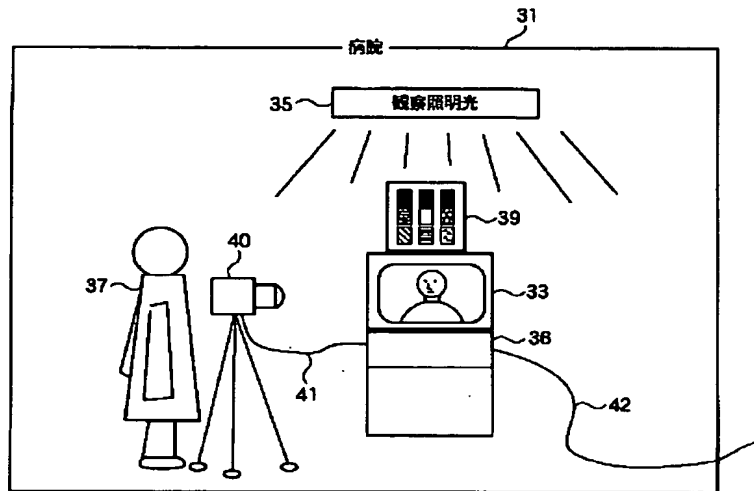
【図6】



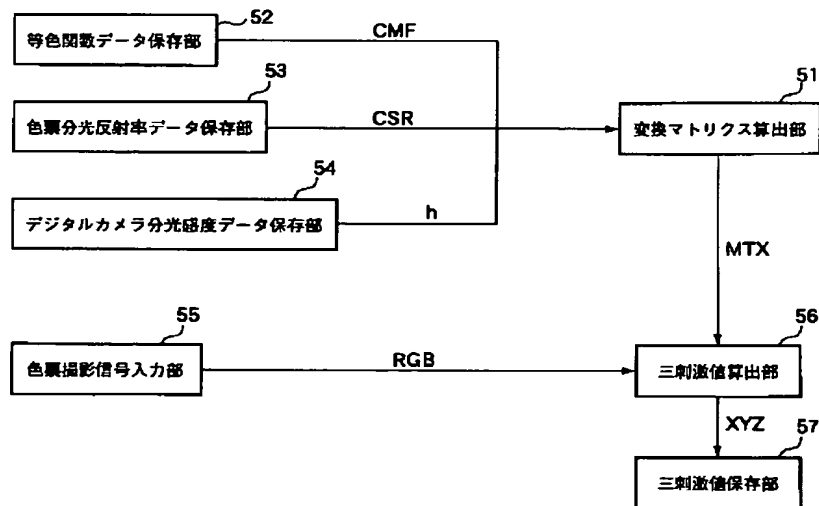
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 AA08 DA05 DA13 DA34 DA35
DA65
5C066 AA01 AA03 CA08 EA13 EB02
EC01 FA02 GA01 KD06 KE04
KF05 KM10 KM11 KM17 KP05
5C077 MP08 PP31 PP32 PP37 PP72
PQ12 TT09
5C079 HB01 HB05 JA25 LA02 LB01
MA11 NA03 NA21